

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2016)06-0367-05

综 述

植物提取物防治马铃薯晚疫病研究进展

黄新异¹, 武东波², 蒙 静², 仲乃琴^{3,4*}, 赵 盼^{3,4}, 邸多隆¹

(1. 中国科学院兰州化学物理研究所, 中国科学院西北特色植物资源化学重点实验室/甘肃省天然药物重点实验室, 甘肃 兰州 730000; 2. 宁夏回族自治区农业综合开发办公室, 宁夏 银川 750000; 3. 中国科学院微生物研究所, 北京 100101; 4. 植物基因组学国家重点实验室, 北京 100101)

摘 要: 马铃薯是世界第四大粮食作物, 在世界范围内被广泛种植。晚疫病是严重危害马铃薯生产的重要病害, 可导致马铃薯大幅度减产。由于植物源农药具有低毒性、无残留、高选择性、不破坏环境、不易产生抗药性等优点, 近年来在马铃薯晚疫病防治领域受到重视。综述了近年来中国在应用植物提取物防治马铃薯晚疫病领域的研究进展, 分析了植物提取物防治马铃薯晚疫病的优势和不足, 并对其今后的发展进行了展望, 以期为进一步研究防治马铃薯晚疫病的植物源农药提供参考依据。

关键词: 植物提取物; 马铃薯; 晚疫病

Progress in Plant Extracts for Control of Potato Late Blight

HUANG Xinyi¹, WU Dongbo², MENG Jing², ZHONG Naiqin^{3,4*}, ZHAO Pan^{3,4}, DI Duolong¹

(1. Key Laboratory of Chemistry of Northwestern Plant Resources/Key Laboratory for Natural Medicine of Gansu Province, Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000, China; 2. Ningxia Agricultural Comprehensive Development Office, Yinchuan, Ningxia 750000, China; 3. Institute of Microbiology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 4. State Key Laboratory of Plant Genomics, Beijing 100101, China)

Abstract: Potato is the world's fourth largest food crop and it has been widely cultivated in the world. Potato late blight is an important disease which causes serious damage to the potato production. It can lead to sharply reduction in potato yield. In recent years, great importance was attached to prevention and control of potato late blight with botanical pesticides because of its advantages, such as low toxicity, no residue, high selectivity, without damaging the environment, and hard to produce drug resistance. The recent progress in the field of control of potato late blight using plant extracts in China was reviewed, analyzing the advantages and disadvantages of control of potato late blight with plant extracts and prospecting its future development in order to provide references for further studies of botanical pesticides for potato late blight prevention.

Key Words: plant extract; potato; late blight

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 属茄科、茄属, 是世界上继小麦、玉米、水稻之后的第四大粮食作物。因其营养丰富、抗逆性强、增产潜力

大而在世界上 150 多个国家种植^[1]。中国是世界最大的马铃薯种植和生产国, 马铃薯为解决中国人口的食物有效供给和提高人们的生活水平起到了

收稿日期: 2016-04-05

基金项目: 宁夏农业综合开发土地治理科技推广项目 (NTKJ2015-06-03); 中国科学院青年创新促进会 (2016369)。

作者简介: 黄新异 (1980-), 男, 博士, 副研究员, 从事天然产物活性成分提取分离研究。

*通信作者 (Corresponding author): 仲乃琴, 正高级工程师, 主要从事马铃薯化肥农药减施增效技术研发、集成与示范, E-mail: nqzhong@im.ac.cn。

巨大作用^[2]。2015年中国农业部正式启动马铃薯主粮化战略,将马铃薯作为中国的第四大主粮。近年来,中国马铃薯种植面积稳步上升,同时马铃薯病虫害发生面积也逐年增加,2008~2014年由于病虫害使中国马铃薯年平均损失高达85.19万t^[3],是影响中国马铃薯产量和质量的重要因素之一。晚疫病是马铃薯生产中最普遍、发病率最高的一种病害^[4],一般年份株发病率超过50%^[5]。晚疫病是由卵菌纲致病疫霉 [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary]引起的^[6],喜白昼温暖,夜晚凉爽的高湿环境,多雨年份或温暖多雾时发生严重。该病多在马铃薯开花时期开始发生,病原菌孢子囊可以通过气流传播,易造成该病的大面积传播和扩散^[7]。目前在马铃薯种植中,对于该病害主要采用化学农药防治^[8],但是大量化学农药的使用,不但容易造成农药残留和环境污染等问题^[9],还会导致交互抗性和抗药性菌株的产生^[10-12],这与目前人们普遍追求的绿色农业的目标是相互矛盾的,这就促使人们在科学使用化学农药与加强马铃薯抗病性品种研究的同时,应更加注重绿色农药的开发和使用。

植物提取物作为绿色农药的一类^[13],具有毒性低、不破坏环境、无残留、高选择性、不易产生抗药性等优点,因此,受到越来越多的关注。植物提取物中有效成分主要是植物体内的次生代谢产物,如生物碱类、黄酮类、萜烯类、酚类、挥发油类等^[14,15],这些物质是植物在长期繁衍生长过程中自身防御功能与有害生物适应演变、协同进化的结果^[16]。与传统的化学农药相比,植物提取物更适合农业的可持续发展和人类健康的需要。近年来,国内外对植物提取物在农业抗病防病领域的研究日益受到重视,并取得了较大的进展,故对中国近年来应用植物提取物在马铃薯晚疫病防治领域的研究进展进行综述。

1 植物提取物对马铃薯晚疫病防治的研究进展

中国在应用天然植物药物方面具有悠久的历史,药用植物资源十分丰富,在植物提取物农药的研究方面具有得天独厚的优势。因此,从丰富

的药用植物资源中寻找对马铃薯晚疫病具有较好防治作用、抑菌、杀菌活性物质,成为中国在马铃薯晚疫病防治领域研究的热点之一,近年来取得了极大的进展。

蒋继志等^[17]研究了马铃薯块茎和洋葱水溶性成分对马铃薯晚疫病菌游动孢子萌发和附着胞形成的影响,发现马铃薯块茎水浸出液对于游动孢子萌发具有促进作用,同时,浸泡19 h以下的马铃薯块茎浸出液对于附着胞形成无明显影响,浸泡23 h以上的浸出液开始有促进作用,并且促进作用随着浸泡时间的延长而增强,72 h的浸出液促进作用最强。洋葱浸出液对于晚疫病菌的游动孢子萌发和附着胞形成均具有明显的抑制作用,并且在马铃薯块茎中促进孢子萌发和附着胞形成的物质存在时抑制作用仍然很强。蒋继志等^[18]还对大蒜、洋葱、青菜等24种植物的离体组织和提取物对马铃薯晚疫病菌静止胞萌发、附着胞形成及侵入丝形成的直接影响进行了研究。

研究者先后进行了20种植物提取物对马铃薯晚疫病菌的抗菌活性和15种中草药提取物对马铃薯晚疫病菌侵染的抑制活性试验^[19,20],发现20种植物提取物中,Ts-86、Ts-39、Ts-104和Ts-121对马铃薯晚疫病菌孢子囊萌发和产孢均具有较强的抑制作用,其中Ts-86在稀释到100倍时对晚疫病菌孢子囊萌发和产生具有显著抑制作用。随后的试验表明Ts-86粗提取物在较低浓度下即可对马铃薯晚疫病菌的菌丝生长表现出明显的抑制作用,同时其中的抑菌成分在马铃薯根部和叶片部位均没有内吸性,此外在田间试验中Ts-86对马铃薯晚疫病也表现出明显的防治效果^[21]。而15种中草药中,漏芦、板蓝根、紫苏、苦参、诃子和五倍子提取物对马铃薯晚疫病的防效较好,可以达到50%以上,其中的诃子和五倍子对马铃薯晚疫病菌侵染的控制最好,均可以达到78.1%。曹静等^[22]后来对其中防效较好的9种中草药提取物对马铃薯晚疫病菌的抗菌活性进行了研究,结果表明9种植物中,菊花和五倍子对晚疫病菌的菌丝生长抑制率达到100%,对孢子囊萌发的抑制率达到了90.02%和98.11%,对晚疫病病原菌产孢量的抑制率也达到了100%,该抑制效果与甲霜灵3 000

倍稀释液接近。

闵凡祥等^[23]研究了苦参、乌头、瑞香狼毒和甘草4种植物的水提取物和醇提取物对马铃薯晚疫病菌的抑制作用,发现4种植物的提取物均对马铃薯晚疫病菌表现出明显的抑制作用,其中效果最好的是苦参醇提取物,其次分别是瑞香狼毒水提取物、乌头醇提取物和甘草醇提取物,其抑制浓度分别为17.7, 20.7, 30.5和62.3 mg/mL。Cao和van Bruggen^[24]研究了大蒜提取物、木贼提取物、生物洁净剂和香茅油对马铃薯晚疫病菌的抑制作用,发现4种被测物对马铃薯叶片上的病菌均未表现出治疗作用,但对晚疫病菌的菌丝生长均表现出一定的抑制作用,抑制效果从高到低依次为生物洁净剂,大蒜,木贼和香茅油。生物洁净剂和大蒜提取物对晚疫病菌孢子萌发具有极好的抑制作用,并且其抑制效果与提取物浓度呈现出明显的量效关系。0.5%的生物洁净剂和2%的大蒜提取物对孢子囊萌发抑制率可以达到100%。而对晚疫病病原菌侵染的抑制试验表明,0.125%的生物洁净剂在接种前3 d和接种同时均能显著抑制病原菌的侵染;2%的大蒜提取物在接种前1 d和接种同时对病菌侵染的抑制率分别达89%和100%;4%的木贼提取物和400 mg/kg的香茅油在接种前1~2 d对病菌侵染有一定的抑制作用,但效用程度不明显。

王树桐等^[25]筛选了88种中草药提取物对马铃薯晚疫病菌的抑制活性,其中31种植物提取物对马铃薯晚疫病菌的游动孢子萌发具有完全抑制作用,另外有46种提取物表现出不同程度的抑制作用;菌丝生长抑制试验发现32种提取物表现出对菌丝生长的完全抑制作用,另外有24种表现出比较强的抑制作用;88种植物提取物中有19种对马铃薯晚疫病菌的孢子囊萌发和菌丝生长均表现出完全的抑制作用。该课题组还对知母提取物对马铃薯晚疫病菌的抑制作用和防病效果进行了研究。发现知母提取物对马铃薯晚疫病菌的菌丝生长、游动孢子释放和休止孢萌发均表现出不同程度的抑制作用,其半数有效浓度分别为1.91, 1.23和1.04 mg/mL。同时在10.00 mg/mL浓度下,对孢子囊直接萌发的抑制率也达到

72.89%。盆栽植株测试结果表明,1%的知母提取物对马铃薯晚疫病的保护效果达70%以上,防治持效时间可以达到5 d。但知母提取物对马铃薯晚疫病没有表现出治疗作用^[26]。该课题组对知母提取物诱导马铃薯抗晚疫病的作用进行了初步探讨,发现经过知母提取物处理后的马铃薯植株,在受到晚疫病菌侵染后,叶片中的超氧化物歧化酶、苯丙氨酸解氨酶和 β -1,3-葡聚糖酶活性显著升高并持续处于较高活性水平。认为知母提取物是通过诱导使植物中这几种酶的活性升高从而使马铃薯植株对晚疫病的抗病性增加^[27]。同时,该课题组还从知母中分离出了主要抑菌活性成分-芒果苷,并对芒果苷对马铃薯晚疫病菌的抑制作用和抑制机制进行了研究。发现芒果苷对马铃薯晚疫病菌的菌丝生长具有一定的抑制作用,其 EC_{50} 值为32.65 μ g/mL。抑制率和芒果苷浓度表现出明显的量效关系,当芒果苷浓度为140 μ g/mL时,对菌丝生产的抑制率达到97.55%。试验还发现芒果苷对马铃薯晚疫病菌游动孢子释放的抑制作用要弱于对菌丝生长的抑制作用, EC_{50} 值为100.97 μ g/mL。对芒果苷抑制马铃薯晚疫病菌机制的初步研究发现,芒果苷对晚疫病菌菌丝体的蛋白质合成有抑制作用,还能增加细胞膜的通透性,导致细胞内电解质渗漏,并且芒果苷对马铃薯晚疫病菌呼吸代谢的糖酵解途径、三羧酸循环、磷酸戊糖途径均有抑制作用,其中对糖酵解途径的抑制作用最明显^[28]。张培花等^[29]研究了紫茎泽兰汁液及其萃取物对马铃薯晚疫病菌的抑制作用,发现紫茎泽兰汁液的石油醚萃取物对马铃薯晚疫病菌的菌丝生长的抑制效果最好,抑制率达到44.42%。同时,研究还发现紫茎泽兰汁液与25%的甲霜灵混合使用对晚疫病菌抑制效果能达到95.43%,优于单独使用25%甲霜灵的抑制效果。

2 植物提取物进行马铃薯晚疫病防治的优势

在防治马铃薯晚疫病的研究中,植物提取物表现出独特的优势。首先,大多数植物提取物成分复杂多样,能够同时作用于多个靶标,不易产生抗药性^[30]。多数提取物对于马铃薯晚疫病菌的

孢子萌发、菌丝生产、附着胞、病菌侵染同时表现出一定的抑制活性。并且在抑制机制的研究中发现, 植物提取物通常会对几种不同的途径产生影响。如知母提取物处理马铃薯植株后, 可以同时提高植株中超氧化物歧化酶、苯丙氨酸解氨酶和 β -1,3-葡聚糖酶3种酶的活性, 进而使马铃薯对晚疫病的抗病性增加^[27]。其次, 植物提取物除了抗病虫害作用外, 还具有肥效和增产作用, 同时, 植物提取物在调节作物生长、提高植物免疫、抗逆以及产品保鲜方面亦具明显功效^[31]。如蒋继志等^[18]的研究发现, 芹菜、大黄、韭菜、紫丁香、大蒜、洋葱、花椒和葱8种植物提取物对马铃薯进行诱导处理后, 块茎的保鲜期延长, 并表现出较强的诱导抗性, 静止胞萌发率、附着胞形成率及侵入丝形成率均显著低于对照, 并且经过这些植物提取物诱导处理的种薯在出芽、早期生长、抗晚疫病及产量等各方面也优于对照, 病害保护率达54%, 增产率达31%。

3 植物提取物进行马铃薯晚疫病防治面临的问题

尽管具有许多独特的优势, 植物提取物在预防马铃薯晚疫病方面仍然有许多不足。首先, 植物提取物在原料、贮运加工和制剂工艺等方面有一些特殊要求, 因此生产成本相对较化学农药高^[31]。其次, 植物提取物持效期较短, 如1%知母提取物对马铃薯晚疫病的持效期为5 d, 7 d后其防治效果已经不显著, 因此在防治过程中要求喷洒次数较多。此外, 植物提取物有效期较化学农药短, 如苦参醇提取物和瑞香狼毒水提取物在室温(25℃)保存30 d后对马铃薯晚疫病的抑制活性就开始显著下降, 因此植物提取物对于贮存条件的要求较高。而且, 大部分植物提取物的成分比较复杂, 有效成分不明确, 产品质量较难控制^[32]。针对这些不足和问题, 可以将植物提取物与一定量的低毒高效的化学农药或者生物农药配合使用, 相互补充以达到最佳防治效果, 如将紫茎泽兰汁液与25%的甲霜灵混合使用, 能提高对马铃薯晚疫病菌的抑制效果, 优于单独使用紫茎泽兰汁液或者25%的甲霜灵的抑制效果。

4 展 望

与化学农药相比, 尽管植物提取物具有显效慢、喷洒次数多、持效期短、成本高等不足, 但是其在马铃薯晚疫病防治中具有自身独特的优势。特别是从生态环境安全和综合性农业生产与保护方面来看, 从植物资源中开发对马铃薯晚疫病具有优良防治效果的植物提取物农药是一个较好的方法。由于植物提取物来源于植物, 不易造成环境污染, 同时具有马铃薯晚疫病菌抑制活性的植物来源多、分布广、开发途径多, 因此有很大的开发潜力和经济价值。虽然与化学农药相比植物提取物防效较低, 主要是由于大多数试验采用的植物提取物都是粗提物, 还未能形成有效剂型, 通过改进提取工艺、分析其主要有效成分以及进行合适的剂型可以进一步提高其防效。因此能够提高农产品品质, 对环境相对友好的植物提取物农药逐步取代化学农药, 是一个必然的发展趋势和研究热点。

[参 考 文 献]

- [1] 李文娟, 秦军红, 谷建苗, 等. 从世界马铃薯产业发展谈中国马铃薯的主粮化[J]. 中国食物与营养, 2015, 21(7): 5-9.
- [2] 杨帅, 闵凡祥, 高云飞, 等. 新世纪中国马铃薯产业发展现状及存在问题[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(5): 311-316.
- [3] 任彬元, 杨普云, 赵中华. 我国马铃薯病虫害防治现状与前景展望[J]. 中国植保导刊, 2015, 35(10): 21-37.
- [4] 陈爱昌, 魏周全, 孙兴明, 等. 不同药剂组合对马铃薯晚疫病的防治效果分析[J]. 中国马铃薯, 2015, 29(6): 365-367.
- [5] 李学敏. 无公害马铃薯病虫害综合防治技术[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(16): 143, 173.
- [6] 李东玉. 马铃薯早疫病晚疫病的识别与防治[J]. 河北农业, 2015(12): 32-33.
- [7] 冯延江. 马铃薯晚疫病及其综合防治[J]. 中国马铃薯, 2002, 16(3): 302-303.
- [8] 谢成君, 刘普明, 谢强, 等. 马铃薯晚疫病优化防治决策[J]. 中国马铃薯, 2014, 28(6): 357-361.
- [9] 郭梅, 闵凡祥, 王晓丹, 等. 生物源农药防治马铃薯晚疫病研究进展[J]. 中国马铃薯, 2007, 21(4): 227-230.
- [10] 车兴壁, 毕朝位, 王中康. 马铃薯晚疫病病菌对四种杀菌剂的交

互抗性[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(1): 8-10.

[11] 毕朝位, 杜喜翠, 车兴壁, 等. 重庆地区马铃薯晚疫病病菌 (*Phytophthora infestans*) 对甲霜灵抗性及其抗性水平测定 [J]. 中国马铃薯, 2002, 16(2): 70-72.

[12] Matuszak J M, Fernandez-Elquezabal J, Gu W K, et al. Sensitivity of *Phytophthora infestans* populations to metalaxyl in Mexico, distribution and dynamics [J]. Plant Disease, 1994, 78(9): 911-916.

[13] 刘雪琴, 周鸿燕. 绿色农药研究进展 [J]. 长江大学学报: 自然科学版, 2013, 35(10): 1-7.

[14] 刘双清, 张亚, 廖晓兰, 等. 我国植物源农药的研究现状与应用前景 [J]. 湖南农业科学, 2016(2): 115-119.

[15] 曹慧. 植物源农药活性成分的应用及研究进展 [J]. 北京农业, 2015(9): 123.

[16] 张兴, 吴志凤, 李威, 等. 植物源农药研发与应用新进展-特殊生物活性简介 [J]. 农药科学与管理, 2013, 34(4): 24-31.

[17] 蒋继志, 郑小波, 陆家云, 等. 马铃薯和洋葱水溶性成分对致病疫霉游动孢子萌发和附着胞形成的影响 [J]. 南京农业大学学报, 1996, 19(4): 105-108.

[18] 蒋继志, 史娟, 赵雨坤, 等. 几种植物提取物诱导马铃薯对致病疫霉的抗性 [J]. 植物病理学报, 2001, 31(2): 144-151.

[19] 曹静, 客绍英, 王树桐, 等. 20种植物提取物对马铃薯晚疫病病菌的抗菌活性研究 [J]. 中国农学通报, 2005, 12(21): 343-345.

[20] 曹静, 客绍英, 王树桐, 等. 15种中草药提取物对马铃薯晚疫病的抑制效果 [J]. 江苏农业科学, 2006(4): 51-52.

[21] 曹静, 曹克强. 中草药提取物 Ts-86 对马铃薯晚疫病病菌的抑制作用 [J]. 江苏农业科学, 2009(3): 136-137.

[22] 曹静, 赵志军, 马艳芝. 地肤子等9种中草药提取物对马铃薯晚疫病病菌的影响 [J]. 江苏农业科学, 2009(5): 149-150.

[23] 闵凡祥, 郭梅, 胡林双, 等. 四种植物提取物对马铃薯晚疫病病菌的抑制作用 [J]. 中国马铃薯, 2007, 21(6): 337-340.

[24] Cao K Q, van Bruggen A H C. Inhibitory efficacy of several plant extracts and plant products on *Phytophthora infestans* [J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 2001, 24(2): 90-96.

[25] 王树桐, 王晓燕, 刘均玲, 等. 对马铃薯晚疫病病菌 (*Phytophthora infestans*) 有杀菌毒性的中草药的筛选 [J]. 河北农业大学学报, 2001, 24(2): 101-107.

[26] 王树桐, 曹克强, 胡同乐, 等. 知母提取物对马铃薯晚疫病病菌的抑制作用及防病效果 [J]. 植物病理学报, 2006, 36(3): 267-272.

[27] 王树桐, 宋风平, 胡同乐, 等. 知母提取物诱导马铃薯植株抗晚疫病作用机制初探 [J]. 植物保护, 2009, 35(4): 34-38.

[28] 宋风平, 王树桐, 胡同乐, 等. 芒果苷对马铃薯晚疫病病菌的抑菌作用机制初探 [J]. 农药学学报, 2009, 11(2): 213-218.

[29] 张培花, 罗文富, 杨艳丽. 紫茎泽兰汁液及其萃取物对马铃薯晚疫病病菌的抑制作用 [J]. 西南农业学报, 2006, 19(2): 246-250.

[30] 曹涤环. 植物源农药的优点及研究进展 [J]. 四川农业科技, 2012(12): 41-42.

[31] 张兴, 马志卿, 冯俊涛. 植物源农药研究进展 [J]. 中国生物防治学报, 2015, 31(5): 685-698.

[32] 周治德, 李晓刚, 李桂银. 植物源农药的现状与发展趋势 [J]. 广东化工, 2013, 40(19): 68-69.

欢迎订阅《中国马铃薯》杂志

《中国马铃薯》杂志是由东北农业大学和中国作物学会马铃薯专业委员会主办的国内唯一的马铃薯专业领域科技期刊。它以繁荣中国马铃薯事业为办刊宗旨, 设有遗传育种、栽培生理、土壤肥料、病虫害防治、综述、产业开发、品种介绍等栏目。

本刊国内外公开发行人, 双月刊, 大16开本, 每期定价12.00元, 全年72.00元, 哈尔滨市邮局发行, 全国各地邮局订阅, 邮发代号: 14-167。读者也可直接汇款至编辑部订阅。

本刊承揽广告业务, 欢迎各界广为利用。

通讯地址: 哈尔滨市东北农业大学《中国马铃薯》编辑部 邮编: 150030 电话: 0451-55190003